

51

Int. Cl. 2:

**A 61 B 5/04**

19 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES**



**PATENTAMT**

**DT 26 04 460 A 1**

11

# **Offenlegungsschrift**

**26 04 460**

21

Aktenzeichen:

P 26 04 460.0

22

Anmeldetag:

5. 2. 76

43

Offenlegungstag:

11. 8. 77

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Einrichtung zur Langzeitaufzeichnung von Herzaktionspotentialen

71

Anmelder:

Lampadius, Michael S., Dipl.-Ing., 8113 Kochel

72

Erfinder:

gleich Anmelder

**DT 26 04 460 A 1**

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Einrichtung zur Langzeitaufzeichnung von Herzaktionspotentialen mit wenigstens einer die Herzaktionspotentiale erfassenden Elektrode und einem nacheinander erfaßte Herzaktionspotentiale abspeichernden Speicher, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher wenigstens ein Schieberegister aufweist, in dessen Stufen der Amplitude der Herzaktionspotentiale entsprechende Signale speicherbar sind und in das diese Signale zu von einer Steuerung (13) festgelegten Abtastzeitpunkten aufeinanderfolgend einschiebbar sind und daß ein auf Rhythmusstörungen der Herzaktionspotentiale ansprechender Detektor (13) auf deren Auftreten hin den Inhalt des Schieberegisters (7) fixiert.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung (13) bei einem mehrere Schieberegister (7) aufweisenden Speicher auf vom Detektor (13) erfaßte Rhythmusstörungen der Herzaktionspotentiale hin das der Amplitude der Herzaktionspotentiale entsprechende Signal vom Eingang des zu fixierenden Schieberegisters (7) ab- und an den Eingang eines anderen Schieberegisters (7) anschaltet.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schieberegister (7) in Reihe miteinander verbindbar und/oder verbunden sind und daß die Steuerung (13) das vom fixierten Schieberegister abgeschaltete Signal an den Eingang eines in Schieberrichtung stromab angeordneten Schieberegisters anschaltet.

4. Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der zwischen dem fixierten Schieberegister und dem angeschalteten Schieberegister in Reihe eingeschalteten Schieberegister änderbar ist.

709832/0459

ORIGINAL INSPECTED

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl in Abhängigkeit von der Dauer des vom Detektor (13) erfaßten mit einer Rhythmusstörung behafteten Herzaktionspotentials änderbar ist.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (13) zum Erkennen des Ausfalls eines QRS-Komplexes eine auf die R-Zacke des Herzaktionspotentials ansprechende Stufe, insbesondere Schwellwertstufe (41), aufweist, die bei Auftreten der R-Zacke ein Triggersignal an einen die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister (7) steuernden, nachtriggerbaren monostabilen Multivibrator (43) abgibt, dessen Zeitkonstante wenigstens gleich der R-Zacken-Folgeintervalle ist.
7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitkonstante änderbar ist.
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (13) zum Erkennen eines vorzeitig auftretenden QRS-Komplexes (45) eine auf die R-Zacke ansprechende Stufe, insbesondere Schwellwertstufe, aufweist, die bei Auftreten der R-Zacke ein Triggersignal an einen monostabilen Multivibrator (49) sowie an einen Eingang einer die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister (7) steuernden Koinzidenzstufe (51) abgibt, deren anderer Eingang mit dem Ausgang des monostabilen Multivibrators (49) gekoppelt ist.
9. Einrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zum Erfassen einer Tachycardie das Triggersignal über eine vorzugsweise voreinstellbare Frequenzteilerstufe (55) der Koinzidenzstufe (51a) zuführbar ist.

10. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (13) zum Erfassen von Formänderungen der Komplexe des Herzaktionspotentials, insbesondere des Q-T-Gesamtkomplexes (57), einen den Komplex jeder Periode des Herzaktionspotentials jeweils für sich integrierenden, Integrator (59) sowie einen die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister (7) steuernden Vergleicher (61) aufweist, der das Integral des Komplexes mit einem Bezugswert vergleicht.
11. Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Bezugswert in einer das Integral der jeweils vorhergehenden Periode speichernden Speicherstufe (63) gespeichert ist.
12. Einrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Speicherstufe (63) über eine Verzögerungsstufe (65) an den Integrator (59) angekoppelt ist.
13. Einrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Verzögerungsstufe (65) und die Speicherstufe (63) durch in Serie geschaltete weitere Schieberegister gebildet sind, deren Stufen dem Wert des Integrals entsprechende Signale speichern.
14. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (13) zum Erkennen eines Herzschrittmacher-Ausgangsblocks eine auf einen Stimulationsimpuls (69) des Herzschrittmachers hin ein Triggersignal abgebende Triggerstufe (75), einen durch Triggersignale auslösbaren monostabilen Multivibrator (77) mit einer Zeitkonstante, in der Größenordnung der Dauer eines Q-T-Komplexes eine auf körpereigene Antwortimpulse (71) ansprechende Detektorstufe (95) sowie eine an die Detektorstufe (95) und den monostabilen Multivibrator (77) angekoppelte, die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister steuernde Koinzidenzstufe (93) aufweist.

15. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (13) zum Erkennen eines Herzschrittmacher-Eingangsblocks eine auf einen vorbestimmten Komplex der Herzaktionspotentiale insbesondere die R-Zacke hin ein Triggersignal abgebende Triggerstufe (89), einen durch Triggersignale auslösbaren, monostabilen Multivibrator (91) mit einer Zeitkonstante kürzer als die Wartezeit des Herzschrittmachers, eine auf Stimulationsimpulse (83) des Herzschrittmachers ansprechende Detektorstufe (95), sowie eine an die Detektorstufe (95) und den monostabilen Multivibrator (91) angekoppelte, die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister (7) steuernde Koinzidenstufe (93) aufweist.

16. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schieberegister (7) jeweils Vielfachbits speichernde Binärstufen aufweisen und daß die den Herzaktionspotentialen und/oder Stimulationsimpulsen entsprechenden Signale über einen Analog-Digital-Wandler (9) zuführbar sind.

17. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung zur Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister (7) von Hand auslösbar ist.

18. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Schieberegister (7) ein zusätzlicher Speicher (15), insbesondere ein Schieberegister, zugeordnet ist und daß eine Uhr (17), insbesondere eine Digitaluhr, vorgesehen ist, deren Zeitsignal zu den vom festgelegten Fixierzeitpunkten der Schieberegister (7) in den zusätzlichen Speicher (15) einschreibbar ist.

19. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Detektor (13) ein durch Atemschwankungen hervorgerufene Frequenzen ausfilterndes Hochpaßfilter (35) und/oder ein für Stromnetzfrequenzen sperrendes Sperrfilter (37) aufweist.

DR.-ING. HORST LISKA  
PATENTANWALT

5

MÜHLSTRASSE 22  
8000 MÜNCHEN 88  
TELEFON 089/883921

2604460

Dipl.-Ing. Michael S. Lampadius  
Am Wieden 14  
8113 Kochel am See

#### Einrichtung zur Langzeitaufzeichnung von Herzaktionspotentialen

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Langzeitaufzeichnung von Herzaktionspotentialen mit wenigstens einer die Herzaktionspotentiale erfassenden Elektrode und einem nacheinander erfasste Herzaktionspotentiale abspeichernden Speicher.

Elektrokardiogramme erstrecken sich üblicherweise lediglich über einen kurzen Zeitraum von maximal einigen Minuten. In derartig kurzen Diagnosezeiträumen lassen sich jedoch in aller Regel nicht unregelmäßig auftretende Rhythmusstörungen erfassen. Um z.B. bei der Überwachung des Krankheitsverlaufs oder der Rehabilitation von Herz- und Kreislauferkrankungen Langzeitüberwachungen durchführen zu können, ist es bekannt, die mittels einer am Patienten befestigten Elektrode, etwa einer Elektrolytelektrode,

709832/0459

erfaßte Herzaktionspotentiale auf einem Magnetband aufzunehmen und mit erhöhter Geschwindigkeit auf einem Sichtgerät oder einem Schreiber zeitraffend wiederzugeben. Der Geschwindigkeitserhöhung sind jedoch durch die Aufmerksamkeit des Betrachters Grenzen gesetzt, so daß zur Auswertung von ggf. über Tage hinweg sich erstreckenden Langzeituntersuchungen erhebliche Betrachtungszeiten aufgewandt werden müssen, in denen die volle Aufmerksamkeit des Betrachters erforderlich ist. Darüber hinaus sind für derartige Langzeiterkennungsmethoden aufwendige und in aller Regel lediglich ortsfest anwendbare Geräte erforderlich.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine einfache und kostengünstig herstellbare Einrichtung zur Langzeitaufzeichnung von Herzaktionspotentialen anzugeben, die sich aufgrund ihrer kleinen Dimensionen für einen transportablen Einsatz am Patienten eignet.

Ausgehend von der eingangs näher erläuterten Einrichtung wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Speicher wenigstens ein Schieberegister aufweist, in dessen Stufen der Amplitude der Herzaktionspotentiale entsprechende Signale speicherbar sind und in das diese Signale zu von einer Steuerung festgelegten Abtastzeitpunkten aufeinanderfolgend einschiebbar sind und daß ein auf pathologische Veränderungen der Herzaktionspotentiale ansprechender Detektor auf deren Auftreten hin den Inhalt des Schieberegisters fixiert.

Die der Amplitude der Herzaktionspotentiale entsprechenden Signale werden somit kontinuierlich durch das Schieberegister durchgeschoben, so daß im Schieberegister ständig ein Abschnitt zeitlich vorbestimmter Dauer der Herzaktionspotentiale gespeichert ist. Beim Einschieben des momentanen Werts des Herzaktionspotentials am Eingang des Schieberegisters wird ein zeitlich früher eingeschobener Wert am Ausgang des Schieberegisters ausgeschoben und damit gelöscht. Sobald der Detektor eine pathologische

Veränderung des Herzaktionspotentials erfaßt, wird der Inhalt des Schieberegisters fixiert. Dies kann einerseits dadurch erfolgen, daß der Inhalt in einen anderen Speicher übernommen wird oder aber daß keine den Herzaktionspotentialen entsprechende Signale mehr dem zu fixierenden Schieberegister zugeführt werden, dessen Inhalt also nicht mehr verändert wird.

Die Anzahl der Stufen des Schieberegisters ist so gewählt, daß sie die pathologische Veränderung des Herzaktionspotentials ausreichend erkennen läßt. Vorzugsweise erstreckt sich das abspeicherbare Intervall der Herzaktionspotentiale über einen Zeitraum von wenigstens zwei Perioden der Herztätigkeit. Als günstig haben sich hinsichtlich des Kompromisses zwischen schaltungstechnischem Aufwand und Auswertbarkeit des gespeicherten Herzaktionspotentials Speicherzeiten von etwa 5 sec. erwiesen. Die zeitliche Auflösung des gespeicherten Herzaktionspotentials hängt von der Abtastfrequenz ab, mit der die Amplitudenwerte der Herzaktionspotentiale aufeinanderfolgend in das Schieberegister eingeschoben werden. Günstige Abtastfrequenzen liegen zwischen 50 und 200 Hz, vorzugsweise bei 100 Hz.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung bei einem mehrere Schieberegister aufweisenden Speicher auf vom Detektor erfaßte pathologische Veränderungen der Herzaktionspotentiale hin das der Amplitude der Herzaktionspotentiale entsprechende Signal vom Eingang des zu fixierenden Schieberegisters ab- und an den Eingang eines anderen Schieberegisters anschaltet. Dies kann in der Weise erfolgen, daß die Schieberegister jeweils unabhängig voneinander beaufschlagbar sind. Zweckmäßiger ist jedoch eine Ausgestaltung, bei der die Schieberegister in Reihe miteinander verbindbar und/oder verbunden sind und die Steuerung das vom fixierten Schieberegister abgeschaltete Signal an den Eingang eines in Schieberichtung stromab angeordneten Schieberegisters anschaltet. In dieser



Ausgestaltung besteht der Speicher aus einer Schieberegisterkette, deren Schieberegister entweder fest oder über Schalter miteinander verbunden sind. Während bei fest miteinander verbundenen Schieberegistern das zu speichernde Signal vom Eingang des zu fixierenden Schieberegisters ab- und an den Verbindungspunkt mit dem in Schieberichtung nächstfolgenden Schieberegister angeschaltet wird, werden mittels der ggf. durch Gatter oder dgl. gebildeten Schalter die Eingänge und/oder Ausgänge der Schieberegister vom Signal und/oder den benachbarten Schieberegistern abgeschaltet.

Der Detektor erfaßt vorzugsweise auch die rhythmusgestörte Periodendauer der Herzaktionspotentiale. Diese Eigenschaft kann ausgenutzt werden, um bei Überschreiten der in einem einzigen Schieberegister zur Verfügung stehenden Speicherzeit durch In-Reihe-Schalten des weiteren Schieberegisters verlängert. In der vorstehenden Ausführungsform kann dies insbesondere dadurch erfolgen, daß die Anzahl der zwischen dem fixierten Schieberegister und dem angeschalteten Schieberegister in Reihe eingeschalteten Schieberegister änderbar ist.

Je nach Ausführungsform des Detektors können mit der Einrichtung unterschiedliche synkopale Zustände erkannt werden. Beispielsweise können bei einem A-V-Block oder einem Sinusknoten-Syndrom einzelne QRS-Komplexe des Herzaktionspotentials ausfallen. Ein derartiges Erscheinungsbild kann auf einfache Weise erkannt werden, wenn der Detektor eine auf die R-Zacke des Herzaktionspotentials ansprechende Stufe, insbesondere eine Schwellwertstufe, aufweist, die bei Auftreten der R-Zacke ein Triggersignal an einen die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister steuernden, nachtriggerbaren monostabilen Multivibrator abgibt, dessen Zeitkonstante wenigstens gleich der R-Zacken-Folgeintervalle ist. Die Zeitkonstante ist vorzugsweise änderbar, um die Einrichtung auf die Asystoliedauer des Patienten einstellen zu

können. Der monostabile Multivibrator dieser Ausführungsform gibt die Schieberegister solange frei, als er durch aufeinanderfolgende Triggersignale nachgetriggert wird. Erfolgt keine Nachtriggerung innerhalb einer durch seine Zeitkonstante festgelegten Zeitdauer, so wird das mit dem Herzaktionspotential beaufschlagte Schieberegister fixiert.

Soll z.B. eine Extrasystolie, d.h. ein einziger vorzeitiger Herzschlag erfaßt werden, so weist der Detektor bevorzugt eine auf die R-Zacke ansprechende Stufe auf, die bei Auftreten der R-Zacke ein Triggersignal an einen monostabilen Multivibrator sowie an einen Eingang einer die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister steuernden Koinzidenzstufe abgibt, deren anderer Eingang mit dem Ausgang des monostabilen Multivibrators gekoppelt ist. Die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators ist kürzer als die R-Zacken-Folgeintervalle; sie bestimmt die Frühzeitigkeitsdauer, innerhalb der das durch die R-Zacke ausgelöste Triggersignal auftreten muß. Die Zeitkonstante kann einer mittleren Länge der Folgeintervalle, d.h. der Herzperiode, entsprechen, sie kann aber auch durch die Länge der unmittelbar vorhergehenden Periode der R-Zacken bestimmt sein.

Die letztgenannte Ausführungsform eignet sich zum Erfassen eines plötzlichen Frequenzanstiegs des Herzrhythmus, wie er durch mehrere vorzeitige Herzschläge (Tachycardie) in Erscheinung treten kann. Der Detektor kann hierzu eine vorzugsweise voreinstellbare Frequenzteilerstufe aufweisen, über die das Triggersignal der Koinzidenzstufe zuführbar ist. Die Koinzidenzstufe spricht an und löst die Fixierung und/oder Anschaltung des Schieberegisters aus, wenn innerhalb der durch die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators festgelegten Zeitdauer eine durch die Frequenzteilerstufe festgelegte Anzahl Triggersignale aufgetreten ist. Die Frequenzteilerstufe kann

beispielsweise durch einen voreinstellbaren Zähler gebildet sein, der bei Erreichen der voreingestellten Zahl an Triggersignalen seinerseits einen Triggerimpuls an die Koinzidenzstufe abgibt.

Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Einrichtung können auch Formänderungen einzelner Komplexe des Herzaktionspotentials, insbesondere des Q-T-Gesamtkomplexes, erfaßt werden. Zu diesem Zweck kann der Detektor einen mittels der Steuerung rücksetzbaren Integrator aufweisen, der diesen Komplex in jeder Periode des Herzaktionspotentials jeweils für sich integriert. Der Detektor weist weiterhin einen die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister steuernden Vergleicher auf, der das Integral des Komplexes mit einem Bezugswert vergleicht. Weicht das Integral des Komplexes um vorgebbare Werte von dem Bezugswert ab, so wird das im beaufschlagten Schieberegister enthaltene Herzaktionspotential gespeichert. Zum Erfassen der Abweichung kann der Vergleicher Schwellwerteigenschaften aufweisen, oder aber es kann dem Vergleicher eine Schwellwertstufe nachgeschaltet sein. Als Bezugswert eignet sich ein vorgebbarer Mittelwert, wobei es aber in manchen Anwendungsfällen zweckmäßig sein kann, als Bezugswert das Integral des jeweils vorhergehenden Komplexes zu verwenden, welches in einer Speicherstufe zu diesem Zweck gespeichert ist. Zur Vereinfachung der Steuerung dieser Speicherstufe ist diese zweckmäßigerweise über eine Verzögerungsstufe an den Integrator angekoppelt. Die Verzögerungsstufe verzögert das in die Speicherstufe einzuschreibende Signal solange, bis der Vergleicher den in der Speicherstufe gespeicherten Bezugswert der jeweils vorhergehenden Periode mit dem Integral der momentan vom Detektor erfaßten Periode verglichen hat. In digitalen Ausführungsformen, in denen der Integrator Digitalsignale abgibt, kann die Verzögerungsstufe und die Speicherstufe durch in Serie geschaltete Schieberegister gebildet sein, durch deren Stufen der Wert des Integrals

hindurchgeschoben wird. Auch in diesem Fall werden die dem Vergleich der zugeführten Integrale zahlenmäßig miteinander verglichen.

Eine Ausführungsform des Detektors, die das Erkennen eines Herzschrittmacher-Ausgangsblocks ermöglicht, ist dadurch gekennzeichnet, daß er eine auf einen Stimulationsimpuls des Herzschrittmachers hin ein Triggersignal abgebende Triggerstufe, einen durch Triggersignale auslösbaren, monostabilen Multivibrator mit einer Zeitkonstante kürzer als die Periode der Herzaktionspotentiale, eine auf körpereigene Antwortimpulse ansprechende Detektorstufe sowie eine an die Detektorstufe und den monostabilen Multivibrator angekoppelte, die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister steuernde Koinzidenzstufe aufweist. Der Detektor macht sich hierbei die von den Antwortimpulsen verschiedene Form der Stimulationsimpulse zu Nutze, um zwischen den Stimulationsimpulsen und den Antwortimpulsen unterscheiden zu können. Die Stimulationsimpulse weisen eine wesentlich größere, beispielsweise mit Hilfe einer Schwellwertschaltung der Triggerstufe erfaßbare Amplitude auf. Darüber hinaus weisen die Stimulationsimpulse steilere Flanken als die Antwortimpulse auf, was mittels eines Differenzierglieds von der Triggerstufe erkannt werden kann. Die Detektorstufe kann ebenfalls, beispielsweise mittels einer Schwellwertschaltung auf die Amplitude der Antwortimpulse ansprechen. Die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators berücksichtigt, daß die Antwortimpulse jeweils nach den Stimulationsimpulsen auftreten müssen; sie liegt in der Größenordnung der Dauer des Q-T-Komplexes. Die Koinzidenzstufe ist so ausgebildet, daß sie die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister auslöst, wenn innerhalb des durch die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators bestimmten Intervalls die Detektorstufe keinen Impuls erfaßt.

Mit Hilfe der Einrichtung lassen sich aber auch Herzrhythmusstörungen aufzeichnen, die auf einen Herzschrittmacher-Eingangsblock zurückzuführen sind. Der Detektor umfaßt hierzu bevorzugt eine auf einen vorbestimmten Komplex der Herzaktionspotentiale, insbesondere die R-Zacke hin ein Triggersignal abgebende Triggerstufe, einen durch Triggersignale auslösbaren monostabilen Multivibrator mit einer Zeitkonstante kürzer als die Wartezeit des Herzschrittmachers, eine auf Stimulationsimpulse des Herzschrittmachers ansprechende Detektorstufe, sowie eine an die Detektorstufe und den monostabilen Multivibrator angekoppelte, die Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister steuernde Koinzidenzstufe. Hierbei wird ausgenutzt, daß zwischen einer R-Zacke der Herzaktionspotentiale und einem nachfolgenden Stimulationsimpuls des Herzschrittmachers die vorbestimmte Wartezeit des Herzschrittmachers vergehen soll, bevor der Herzschrittmacher den Stimulationsimpuls abgibt.

Mit Hilfe des vorstehenden Detektors können Stimulationsimpulse von Demand-Schrittmachern erfaßt werden, die aufgrund einer Störung der Demand-Funktion des Herzschrittmachers zwischen zwei R-Zacken der körpereigenen Herzaktionspotentiale auftreten und zu einer Herzrhythmusstörung aufgrund zusätzlicher Stimulation des Herzens führen. Die Triggerstufe kann zum Erfassen der R-Zacke eine auf deren Amplitude ansprechende Schwellwertschaltung aufweisen; dementsprechend kann die Detektorstufe eine auf die größere Amplitude der Stimulationsimpulse des Herzschrittmachers ansprechende Schwellwertschaltung oder ein durch die Flanken der Stimulationsimpulse auslösbares Differenzierglied aufweisen. Die Koinzidenzstufe spricht an, wenn innerhalb des durch die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators festgelegten Intervalls ein Stimulationsimpuls des Herzschrittmachers erfaßt wird.

In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist vorgesehen, daß die Schieberegister jeweils Vielfachbits speichernde Binär-

stufen aufweisen und daß die den Herzaktionspotentialen und/oder Stimulationsimpulsen entsprechenden Signale über einen Analog-Digital-Wandler zuführbar sind. Die Anzahl der pro Binärstufe zu speichernden Bits ist abhängig von der für den Anwendungsfall zu fordernden Wiedergabegenauigkeit. Als ausreichend haben sich drei Bit pro Binärstufe erwiesen; bevorzugt werden jedoch fünf Bit und mehr.

Eine weitere zweckmäßige Maßnahme besteht darin, daß die Steuerung zur Fixierung und/oder Anschaltung der Schieberegister von Hand auslösbar ist. Dem Patienten wird es dadurch ermöglicht, Herzaktionspotentiale aufzuzeichnen, sobald er Symptome an sich verspürt, die auf eine Herzrhythmusstörung hindeuten könnten.

Besonders vorteilhaft sind auch Ausführungsformen, die die Aufzeichnung des Zeitpunkts der Herzrhythmusstörung ermöglichen. Hierbei kann jedem Schieberegister ein zusätzlicher Speicher, insbesondere ein Schieberegister, zugeordnet sein und es kann eine Uhr, insbesondere eine Digitaluhr, vorgesehen sein, deren Zeitsignal zu den vom Detektor festgelegten Fixier-Zeitpunkten der Schieberegister in den zusätzlichen Speicher einschreibbar ist. Die zusätzlichen Speicher können synchron zu den Schieberegistern mittels der Steuerung zum Einschreiben der Zeitsignale gesteuert werden. Bei der Wiedergabe der aufgezeichneten Herzaktionspotentialen steht somit zu jeder Herzrhythmusstörung auch der Zeitpunkt fest, zu der diese Herzrhythmusstörung aufgetreten ist.

Als günstig hat es sich auch erwiesen, wenn dem Detektor ein Hochpaßfilter, mittels dem durch Atemschwankungen hervorgerufene Frequenzen ausgefiltert werden können, sowie ggf. ein für Stromnetzfrequenzen (z.B. 50 Hz) sperrendes Sperrfilter vorgeschaltet ist.

Im folgenden sollen Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert werden und zwar zeigt

- Fig. 1 ein Prinzipschaltbild eines Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Langzeitaufzeichnung von Herzaktionspotentialen;
- Fig. 2 ein Blockschaltbild eines unter Verwendung von mehreren in Reihe geschalteten Schieberegistern ausgeführten Ausführungsbeispiels gemäß der Erfindung;
- Fig. 3a-3g Zeitdiagramme unterschiedlicher Erscheinungsformen von Rhythmusstörungen in Herzaktionspotentialen;
- Fig. 4 ein Blockschaltbild eines Detektors zum Aufzeichnen ausfallender QRS-Komplexe;
- Fig. 5 ein Blockschaltbild eines Detektors zum Erfassen einzelner vorzeitiger QRS-Komplexe;
- Fig. 6 ein Blockschaltbild eines Detektors zum Erfassen eines plötzlichen Frequenzanstiegs der Herzaktionspotentialen;
- Fig. 7 ein Blockschaltbild eines Detektors zum Erfassen von Formänderungen des Q-T-Kammerkomplexes;
- Fig. 8 ein Blockschaltbild eines Detektors zum Erfassen eines Herzschrittmarker-Exitblocks und
- Fig. 9 ein Blockschaltbild eines Detektors zum Erfassen eines Herzschrittmarker-Eingangsblocks.

Fig. 1 zeigt in einem Blockschaltbild eine Einrichtung zur Langzeitaufzeichnung von Rhythmusstörungen in Herzaktionspotentialen, die mittels einer an der Haut des Patienten befestigten Elektrode 1 mit niedrigem, konstanten Elektroden-Haut-Übergangswiderstand abgenommen und über eine Verstärkerstufe 3 mit sehr hohem Eingangswiderstand einem Speicher 5 zuführbar sind. Der Speicher 5 weist ein digital arbeitendes Schieberegister 7 auf, in dessen Stufen der Amplitude der Herzaktionspotentiale entsprechende Binärsignale speicherbar sind. Zur Umwandlung der Herzaktionspotentiale in die Binärsignale ist dem Schieberegister 7 ein Analog-Digital-Wandler 9 vorgeschaltet. Der Analog-Digital-Wandler 9 kann jedoch entfallen, wenn das Schieberegister 7 analog arbeitende Speicherstufen aufweist.

Da in das Schieberegister 7 kontinuierlich Abtastwerte der Binärsignale eingeschoben werden, sind im Schieberegister 7 ständig Amplitudenwerte der Herzaktionspotentiale eines vorangegangenen Zeitabschnitts gespeichert. Die Länge des Zeitabschnitts ist durch die Stufenzahl des Schieberegisters 7 bzw. die Abtastfrequenz, mit der die Amplitudenwerte aufeinanderfolgend eingeschoben werden, festgelegt. Um den Inhalt des Schieberegisters 7 fixieren zu können, ist ein Detektor 11 vorgesehen, dem die Herzaktionspotentiale der Elektrode 1 zuführbar sind. Der Detektor 11 erfaßt Rhythmusstörungen, z.B. pathologische Veränderungen der Herzaktionspotentiale, und veranlaßt eine Steuerung 13 zur Fixierung des im Schieberegister 7 beim Erfassen der Rhythmusstörung oder kurz danach enthaltenen Amplitudenwerte der Herzaktionspotentiale.

Die Speicherkapazität des Schieberegisters 5 ist so bemessen, daß zusätzlich zu dem mit der Rhythmusstörung behafteten Komplex des Herzaktionspotentials ein oder einige wenige ordnungsgemäße Komplexe vor oder nach der Rhythmusstörung



gespeichert werden können. Als ausreichend haben sich Speicherzeiten von etwa 4 sec. erwiesen. Günstige Abtastfrequenzen liegen bei etwa 100 Hz.

Um den Zeitpunkt der Herzrhythmusstörung eindeutig bestimmen zu können, ist dem Schieberegister 7 ein Speicher 15 zugeordnet, der zum Zeitpunkt der Fixierung des Schieberegisters 7 die tatsächliche Uhrzeit aus einer Uhr 17 übernimmt und abspeichert. Das Abspeichern der Uhrzeit wird durch die Steuerung 13 veranlaßt. Die Steuerung 13 ist so ausgebildet, daß sie ggf. von Hand zur Fixierung des Schieberegisters 7 ausgelöst werden kann.

Zur Wiedergabe der im Schieberegister 7 bzw. dem Speicher 15 gespeicherten Amplitudenwerte bzw. der Uhrzeit kann an den Ausgang des Schieberegisters 7 bzw. des Speichers 15 ein Wiedergabegerät 19, beispielsweise ein Monitor oder ein Schreiber, angeschlossen werden.

Fig. 2 zeigt Einzelheiten der Einrichtung nach Fig. 1. Der Speicher 5 weist drei in Serie geschaltete Schieberegister 7a, 7b und 7c auf, die durch Taktsignale der Steuerung 13 entsprechend der Abtastfrequenz fortgeschaltet werden. Die Eingänge der Schieberegister 7a, 7b und 7c sind darüber hinaus jeweils über einen Schalter 21, 23 bzw. 25 mit dem Analogdigitalwandler 9 verbunden, aus dem sie Abtastwerte der Amplituden der Herzaktionspotentiale in Form von Binärsignalen übernehmen. Die Schalter 21, 23, 25 können durch Transistorschalter, Gatterschaltungen oder dgl. gebildet sein; ihr Schaltzustand wird von der Steuerung 13 derart gesteuert, daß jeweils lediglich ein Schalter geschlossen und sämtliche anderen Schalter geöffnet sind. Die Reihenfolge, in der die Schalter 21, 23 und 25 geschlossen werden, ist gleich der Schieberichtung der Schieberegister 7a, 7b und 7c. Die Binärsignale des Analogdigitalwandlers 9 werden über den geschlossenen Schalter in das diesem

Schalter zugeordnete Schieberegister und nachfolgend in die in Schieberichtung nachgeschaltete Schieberegister eingeschoben. Zur Fixierung des ersten Schieberegisters dieser Kette wird der Schalter an seinem Eingang geöffnet und der Schalter des nächstfolgenden Schieberegisters geschlossen. Der Inhalt des auf diese Weise fixierten Schieberegisters bleibt somit gespeichert.

Die Steuerung 13 wird durch den Detektor 11 zu einer Änderung der Schaltstellungen der Schalter 21, 23 und 25 veranlaßt. Mittels des Detektors 11 kann ggf. auch die Länge der Herzrhythmusstörung erfaßt werden. Sollte die Länge der Störung die Speicherzeit pro Schieberegister überschritten werden, so kann der Detektor 11 über die Steuerung 13 die Speicherzeit für derartige Rhythmusstörungen verlängern, indem er durch Änderung der Reihenfolge des Schließens der Schalter 21, 23, und 25 zwei oder mehrere aufeinanderfolgende Schieberegister gleichzeitig fixiert. Es soll hervorgehoben werden, daß die Anzahl der Schieberegister je nach Anwendungsfall von der in Fig. 2 dargestellten Anzahl verschieden sein kann.

Zur Wiedergabe der in den Schieberegistern 7a, 7b und 7c gespeicherten Herzaktionspotentiale kann der Ausgang des in Schieberichtung letzten Schieberegisters 7c mit dem Eingang des ersten Schieberegisters 7a zu einem Ringregister verbunden werden, indem die gespeicherten Herzaktionspotentiale kontinuierlich umgeschoben werden können und so am Ausgang 29 für eine kontinuierliche Wiedergabe zur Verfügung stehen.

Im folgenden sollen anhand der in den Fig. 3a bis 3g dargestellten Zeitdiagramme von Herzaktionspotentialen Ausführungsformen von Detektoren erläutert werden, mit deren Hilfe spezielle Herzrhythmusstörungen erfaßt werden können.

Fig. 3a zeigt den zeitlichen Verlauf eines störungsfreien Herzaktionspotentials mit einer P-Zacke, einer R-Zacke, deren Endpunkte mit Q und S bezeichnet sind, einer T-Welle und einer U-Welle. Gestrichelt eingezeichnet in Fig. 3a ist ein Beispiel eines in einem der Schieberegister nach Fig. 2 gespeicherten Zeitintervalls 31. Das Zeitintervall 31 umfaßt in diesem Fall drei Perioden des Herzaktionspotentials.

In Fig. 3b ist ein erstes Beispiel einer Herzrhythmusstörung dargestellt, wie sie bei einem AV-Block oder einen Sinusknoten-Syndrom auftreten kann. Bei einer derartigen Rhythmusstörung ist zwar eine P-Zacke 31 erfassbar, jedoch folgt dieser P-Zacke 31 keine R-Zacke. Ein zum Erfassen einer derartigen Rhythmusstörung geeigneter Detektor ist in Fig. 4 dargestellt. Er weist ein Hochpaßfilter zum Ausfiltern von Atemschwankungen sowie ein auf die Netzfrequenz abgestimmtes Sperrfilter 37 auf. In Reihe zu diesen Filtern ist ein Verstärker 39 geschaltet, dem eine Schwellwertstufe 41 folgt. Die Schwellwertstufe 41 spricht auf R-Zacken der Herzaktionspotentiale an und gibt auf jede R-Zacke ein Triggersignal an einen nachtriggerbaren, monostabilen Multivibrator ab, dessen Zeitkonstante wenigstens gleich der Periode P der Herzaktionspotentiale ist. Solange innerhalb des durch die Zeitkonstante festgelegten Intervalls R-Zacken der Herzaktionspotentiale auftreten, wird der monostabile Multivibrator erneut angestoßen, so daß sein die Fixierung der Schieberegister auslösendes Ausgangssignal unverändert bleibt. Wird das durch die Zeitkonstante festgelegte Intervall überschritten, ohne daß eine R-Zacke aufgetreten ist, so wird die Steuerung 13 zur Fixierung des beaufschlagten Schieberegisters veranlaßt. Die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators ist vorzugsweise änderbar und kann sich ggf. auch über mehrere Perioden T erstrecken.

Fig. 3c zeigt Herzaktionspotentiale für den Fall einer Extrasystolie, d.h. eines einzigen vorzeitig auftretenden QRS-Komplexes 45. Der QRS-Komplex 45 tritt mit einer gegenüber den übrigen Perioden  $T$  verkürzten Periodendauer  $T'$  auf. Ein zum Erfassen einer derartigen Rhythmusstörung geeigneter Detektor ist in Fig. 5 dargestellt. Er weist eine auf R-Zacken ansprechende Schwellwertstufe 47 auf, die bei Auftreten von R-Zacken jeweils ein Triggersignal an einen Monostabilen Multivibrator 49 sowie an einen Eingang eines UND-Gatters 51 abgibt. Das UND-Gatter 51 löst über die Steuerung 13 die Fixierung der Schieberegister aus. Es ist mit seinem anderen Eingang an den Ausgang des monostabilen Multivibrators gekoppelt. Die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators 49 legt die maximale, verkürzte Periodendauer  $T'$  fest. Die Fixierung der Schieberegister wird ausgelöst, wenn die Schwellwertstufe 47 innerhalb des durch den monostabilen Multivibrator 49 festgelegten Intervalls eine weitere R-Zacke erfaßt.

Der Detektor nach Fig. 5 kann durch einfache Maßnahmen zum Erfassen einer Tachykardie, d.h. eines plötzlichen Frequenzanstiegs der Herzaktionspotentiale ausgenutzt werden. Der Verlauf einer derartigen Rhythmusstörung ist in Fig. 3d für drei mit verkürzten Perioden  $T'$  aufeinanderfolgende QRS-Komplexe 53 dargestellt. Ähnlich dem Detektor nach Fig. 5 ist wiederum eine Schwellwertstufe 47a über einen monostabilen Multivibrator 49a mit einem der Eingänge eines UND-Gatters 51a verbunden. Zwischen den anderen Eingang des UND-Gatters 51a und die Schwellwertstufe 47a ist eine Frequenzteilerstufe 55, beispielsweise ein voreinstellbarer Zähler, geschaltet, der auf eine vorgegebene Anzahl von der Schwellwertstufe 47a abgegebenen Triggerimpulse seinerseits einen Triggerimpuls abgibt. Der Detektor nach Fig. 6 löst die Fixierung der Schieberegister aus, wenn der von der Frequenzteilerstufe 55 abgegebene Triggerimpuls innerhalb des Intervalls des monostabilen Multivibrators 49a auftritt.

Fig. 3e zeigt eine Formänderung eines Q-T-Gesamtkomplexes 57. Ein geeigneter Detektor ist in Fig. 7 dargestellt; er weist einen Integrator 59 auf, der den Q-T-Gesamtkomplex jeder Periode des Herzaktionspotentials jeweils für sich zeitlich integriert. Das Integral ist einem Vergleicher 61 zuführbar, der es mit einem in einer Speicherstufe 63 gespeicherten Bezugswert vergleicht. Der Vergleicher 61 löst die Fixierung der Schieberegister aus, wenn das Integral um einen vorbestimmten Wert von dem in der Speicherstufe 63 gespeicherten Bezugswert abweicht. Der in der Speicherstufe 63 gespeicherte Bezugswert ist durch das Integral der vorhergehenden Periode gegeben. Die Speicherstufe 63 ist zu diesem Zweck über eine Verzögerungsstufe 65 mit dem Integrator 59 verbunden. Die Verzögerungsstufe 65 verhindert, daß die Speicherstufe 63 mit einem neuen Wert des Integrals überschrieben wird, bevor der Vergleicher 61 den neuen Wert des Integrals mit dem in der Speicherstufe 63 enthaltenen Bezugswert verglichen hat. Die Speicherstufe 63 und die Verzögerungsstufe 65 können durch in Serie geschaltete Schieberegister gebildet sein.

Fig. 3f zeigt das Erscheinungsbild einer Demand-Herzschrittmacherstörung, bei der der Herzschrittmacher eine P-Zacke 67 erfaßt und nach Ablauf einer Wartezeit einen Stimulationsimpuls 69 abgibt. Im Normalfall folgt auf den Stimulationsimpuls 69 ein körpereigener Antwortimpuls in Form einer T-Welle 71. Die T-Welle 71 tritt jedoch, wie für den Fall des Komplexes 73 dargestellt, bei einem Herzschrittmacher-Exit-Block nicht auf. Ein diese Störung erfassender Detektor ist in Fig. 8 dargestellt. Er wählt eine auf die Stimulationsimpulse 69 des Herzschrittmachers hin ein Triggersignal abgebende Triggerstufe 75 aus, an die über einen monostabilen Multivibrator 77 ein UND-Gatter 79 mit seinem einen Angang angekoppelt ist. Das UND-Gatter 79 ist mit seinem anderen Eingang an eine auf

die körpereigenen Antwortimpulse, d.h. die T-Wellen 71, ansprechende Detektorstufe 81 angekoppelt. Die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators 77 liegt in der Größenordnung der Dauer des Q-T-Komplexes. Das UND-Gatter 79 löst die Fixierung der Schieberegister aus, wenn die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators 77 abläuft, ohne daß die Detektorstufe 81 eine T-Welle 71 erfaßt.

Fig. 3g zeigt schließlich ein Beispiel eines Eingangsblocks für einen Damand-Schrittmacher. In diesem Fall gibt der Schrittmacher, ohne die Wartezeit des Herzschrittmachers abzuwarten, vorzeitig einen Stimulationsimpuls 83 ab, dessen Antwortsimpuls 85 zu Störungen des nachfolgenden, beispielsweise körpereigenen Komplexes 87 führen kann. Zum Erfassen derartiger Zustände eignet sich ein Detektor nach Fig. 9. Dieser weist eine auf R-Zacken hin ein Triggersignal abgebende Triggerstufe 89 auf, die über einen monostabilen Multivibrator 91 mit einem Eingang eines UND-Gatters 93 verbunden ist. Der andere Eingang des UND-Gatters 93 ist über eine auf Stimulationsimpulse des Herzschrittmachers ansprechende Detektorstufe 95 gekoppelt. Das UND-Gatter 93 löst die Fixierung der Schieberegister aus, wenn innerhalb des durch die Zeitkonstante des monostabilen Multivibrators 91 festgelegten Intervalls ein Stimulationsimpuls von der Detektorstufe 95 erfaßt wird.

---

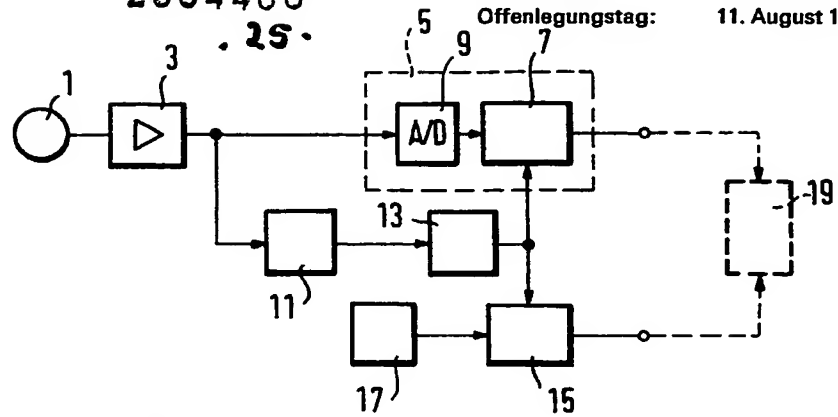
**22**  
**Leerseite**

---

2604460

. 25 .

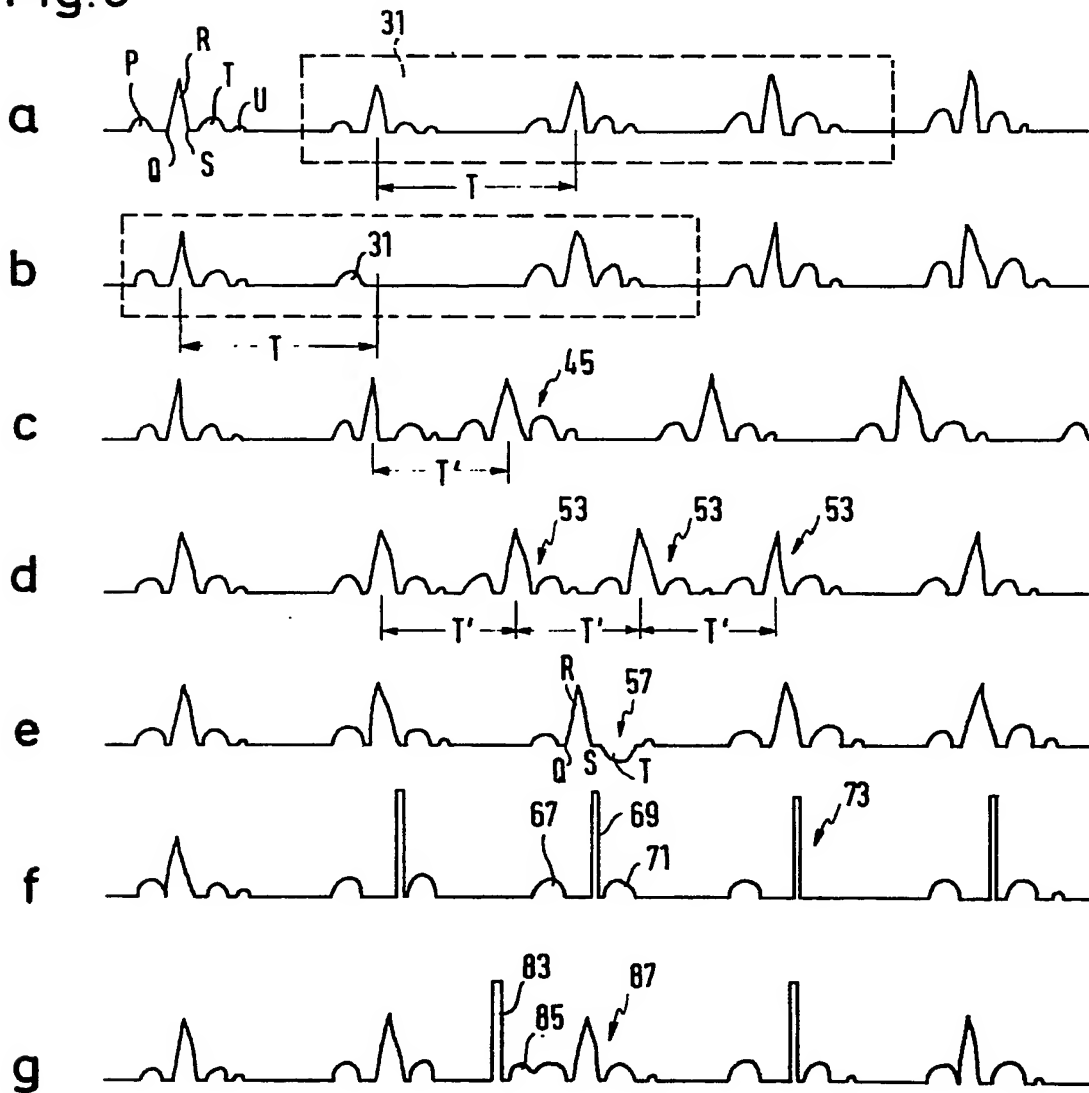
Fig.1



Nummer:  
Int. Cl.2:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

28 04 480  
A 61 B 5/04  
5. Februar 1976  
11. August 1977

Fig.3



709832/0459

Dipl. Ing. M. S. LAMPADIUS



Fig. 2

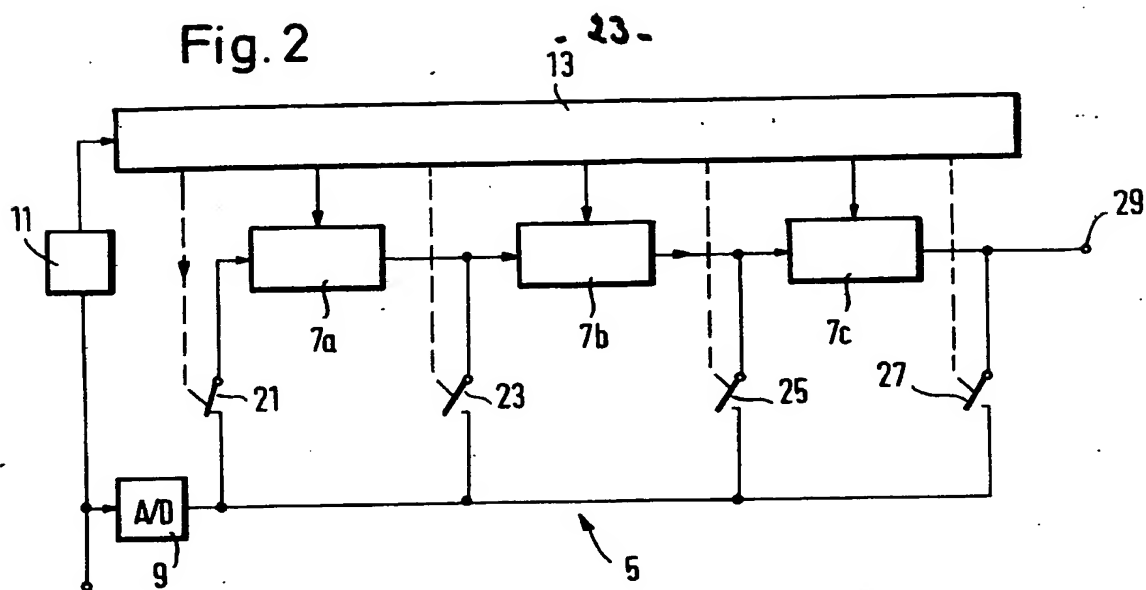


Fig. 4

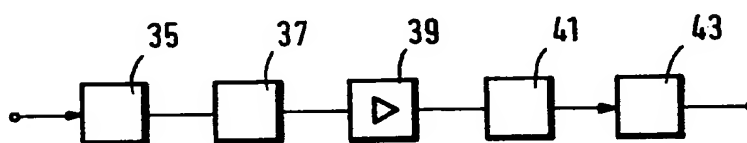


Fig. 5

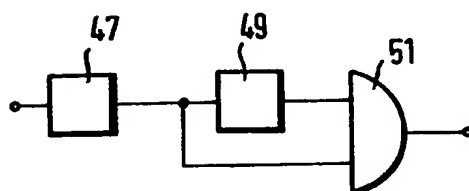
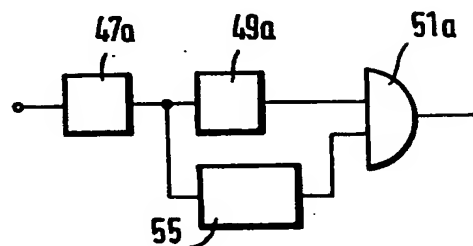


Fig. 6



NACHGEREICHT

2604460

- 24 -

Fig. 7

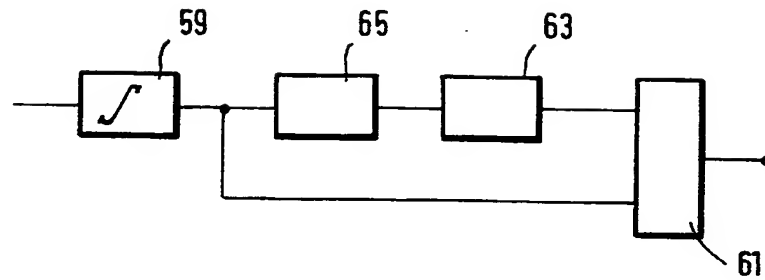


Fig. 8

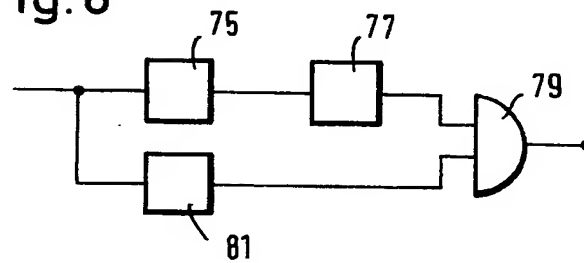
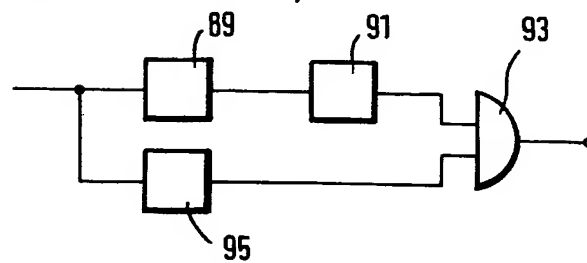


Fig. 9



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**